

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2004 年 3 月 11 日 (11.03.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/021097 A1

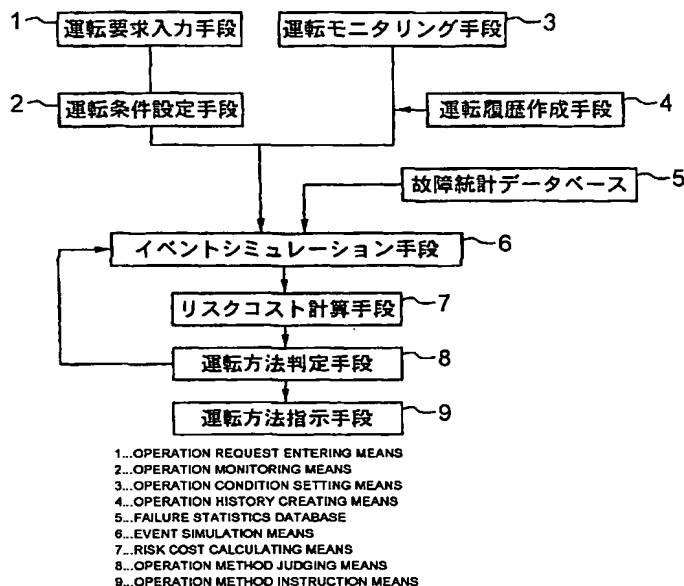
- (51) 国際特許分類: G05B 23/02
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/011102
- (22) 国際出願日: 2003 年 8 月 29 日 (29.08.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2002-255278 2002 年 8 月 30 日 (30.08.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社東芝 (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) [JP/JP]; 〒105-8001 東京都港区芝浦一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 藤山 一成 (FUJIYAMA, Kazunari) [JP/JP]; 〒236-0005 神奈川県横浜市金沢区並木2丁目12-8-204 Kanagawa (JP).

藤原 敏洋 (FUJIWARA, Toshihiro) [JP/JP]; 〒245-0063 神奈川県横浜市戸塚区原宿1丁目25-17 Kanagawa (JP). 齊藤 和宏 (SAITO, Kazuhiro) [JP/JP]; 〒241-0005 神奈川県横浜市旭区白根4丁目18-10-812 Kanagawa (JP). 平澤 泰治 (HIRASAWA, Taiji) [JP/JP]; 〒244-0003 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町4600-22 Kanagawa (JP). 長井 敏 (NAGAI, Satoshi) [JP/JP]; 〒210-0848 神奈川県川崎市川崎区京町3丁目25-1 小田公園エルハイツ717号 Kanagawa (JP). 吉瀬 仁志 (KICHISE, Hitoshi) [JP/JP]; 〒211-0021 神奈川県川崎市中原区木月住吉町1889-7 元住吉東パークホームズ110 Kanagawa (JP). 岡崎 光芳 (OKAZAKI, Mitsuyoshi) [JP/JP]; 〒359-0024 埼玉県所沢市下安松124-15 Saitama (JP). 児玉 寛嗣 (KODAMA, Hirotugu) [JP/JP]; 〒116-0013 東京都荒川区西日暮里6丁目6-9 Tokyo (JP). 蓑輪 昌則 (MINOWA, Masanori) [JP/JP]; 〒135-0046 東京都江

[続葉有]

(54) Title: PLANT APPARATUS OPERATION SUPPORT DEVICE

(54) 発明の名称: プラント機器の運用支援装置



(57) Abstract: A device for predicting the risk cost of breakdown, lowered performance, and function stop of plant apparatus constituting a plant, selecting an optimum operation method by comparing the risk cost with the gain obtained by the operation, and issuing an instruction to employ the method. The device comprises an event simulation means (6) for calculating the unreliability corresponding to an operation parameter referring to information stored in a failure statistics database (5), operation request information, and operation history information according to the event tree of the plant apparatus, a risk cost calculating means (7) for calculating the risk cost by adding the products of the unreliability and the recovery cost according to the event tree, and an operation method judging means (8) for judging appropriateness of the operation condition by comparing the risk cost with the gain expected when continuing the operation.

[続葉有]



東区 牡丹 3 丁目 1-2-4 0 1 Tokyo (JP). 岩橋 隆行 (IWAHASHI,Takayuki) [JP/JP]; 〒221-0075 神奈川県 横浜市 神奈川区 白幡上町 6-1 8 Kanagawa (JP). 秋國 康成 (AKIKUNI,Yasunari) [JP/JP]; 〒232-0066 神奈川県 横浜市 南区 六ツ川 3-1 1 2-1-3 2 0 Kanagawa (JP). 有村 正雄 (ARIMURA,Masao) [JP/JP]; 〒221-0801 神奈川県 横浜市 神奈川区 神大寺 3 丁目 5-7-1 0 6 Kanagawa (JP). 高木 健太郎 (TAKAGI,Kentaro) [JP/JP]; 〒223-0052 神奈川県 横浜市 港北区 綱島東 5-4-5-6 1 1 Kanagawa (JP). 浅津 静一 (ASATSU,Seiichi) [JP/JP]; 〒249-0006 神奈川県 逗子市 逗子 7 丁目 5-1 1 Kanagawa (JP). 原田 茂 (HARADA,Shigeru) [JP/JP]; 〒191-0011 東京都 日野市 日野本町 5 丁目 1 8-1 3 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE,Kenji et al.); 〒100-0005 東京都 千代田区 丸の内三丁目 2 番 3 号 富士ビル 3 2 3 号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AU, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

---

(57) 要約:

プラントを構成する機器の破損・性能低下・機能停止に関するリスクコストを予測し、運用による利得と比較しながら最適な運用方法を選択し指示する装置を提供することを目的とする。

上記目的達成のため、本願の発明は、故障統計データベース 5 の情報、運転要求情報および運転履歴情報を基にプラント機器のイベントツリーにしたがって、運転パラメータに対応した不信頼度を計算するイベントシミュレーション手段 6 と、前記イベントツリーにしたがって前記不信頼度と復旧コストとの積を累計してリスクコストを計算するリスクコスト計算手段 7 と、前記リスクコストと運転継続により予定される利得との比較から運転条件の適否を判定する運転方法判定手段 8 とを備える。

## 明 細 書

## プラント機器の運用支援装置

## 技 術 分 野

本発明は、火力発電プラントにおける蒸気タービンをはじめとするプラント機器を、破損・性能低下・機能停止に対するリスクを考慮して運転支援および保守管理支援する運用支援装置に関する。

## 背 景 技 術

火力発電プラントなどにおいて、エネルギーの有効活用の観点から急速起動や負荷変動などのフレキシブルな運用への対応が求められている。その一方で、プラント機器に故障や事故が生じないようにするとともに、できるだけ安価に保守管理を行うことも要求されている。

これらの要求を満たすために、プラントの運転パターンを最適に選択する方法の確立が求められているが、その一つの方法として運転による利得とリスクとを定量的に評価し比較することによって判定するリスクベースの技術の適用が考えられる。

これまで、リスクコストの評価を基にした保守管理方法は提案されている（木原他著、日本工業出版社発行、「配管技術」2000年12月号、76-79頁）が、プラントの運用最適化に供することのできる装置は提案されていない。

## 発 明 の 開 示

本発明は上述の点を考慮してなされたもので、プラントを構成する機器の破損・性能低下・機能停止によるリスクコストを予測し、運用による利得と比較しながら最適な運用方法を選択し指示する装置を提供することを目的とする。

上記目的達成のため、本発明では、次のような装置を提供する。

請求項1記載のプラント機器の運用支援装置は、プラント機器の運転要求項目の情報を入力する運転要求入力手段と、前記運転要求入力手段により入力された

運転要求入力情報をプラント機器の運転パラメータに変換する運転条件設定手段と、前記プラント機器の運転状態を監視する運転モニタリング手段からの入力に基づき、前記運転条件設定手段により変換された前記運転パラメータの時系列処理を行って運転履歴を作成する運転履歴作成手段と、前記プラント機器のイベントツリーと故障事象に対する不信頼度とを関連付けて予め記憶した故障統計データベースと、前記故障統計データベースの情報、運転要求情報および運転履歴情報を基に前記プラント機器のイベントツリーにしたがって前記運転パラメータに対応した不信頼度を計算するイベントシミュレーション手段と、前記イベントツリーにしたがって前記不信頼度と前記復旧コストとの積を累計してリスクコストを計算するリスクコスト計算手段と、前記リスクコストと運転継続により予定される利得との比較から運転条件の適否を判定する運転方法判定手段と、前記運転方法は定手段により判定された運転方法に応じて前記プラント機器に指定運転条件を指示する運転方法指示手段とをそなえたため、プラント機器の運転要求項目の実現可否をオンラインで判定し、必要な運転方法指示を行うことができる。

請求項 2 記載のプラント機器の運用支援装置は、運転モニタリング手段が、プラント機器の作動流体の温度、圧力、回転部の回転数、出力負荷の全てまたは一部を検知する検知手段を備え、検知された信号を時系列処理して定常および非常運転を予め設定した分類に整理し、起動回数および運転時間のデータを蓄積して記憶するようにしたため、自動的に該プラントの詳細な運転履歴を作成することができる。

請求項 3 記載のプラント機器の運用支援装置は、故障統計データベースが、請求項 1 記載のプラント機器の運用支援装置における前記故障統計データベースが、対象とするプラントまたは同型の他のプラントにおける過去の故障事象から、き裂、変形、エロージョン、摩耗、酸化、腐食、材料劣化、破損、性能低下、機能低下に関するイベントツリーと、事象毎の不信頼度関数とが運転条件に対応した材料寿命パラメータの関数あるいは運転条件を表す温度、応力、ひずみ、環境因子のパラメータの関数として表されたものを用いたため、種々の運転状態に対応したイベントシミュレーションおよびリスクコストの計算ができる。

請求項 4 記載のプラント機器の運用支援装置は、プラント機器の運転中の故障

事象または故障前駆事象を検知する故障モニタリング手段と、この故障モニタリング手段により検知された検知信号によって直ちに運転を停止すべきか否かを判定する緊急停止判定手段とを備え、直ちに運転を停止しない場合に故障統計データベースに記憶させたイベントツリーの中の生起済み事象の確率を事前確率から事後確率に補正し、かつその後続する事象も生起済み事象の事後確率を用いて補正し、前記イベントシミュレーション手段に用いる不信頼度を補正して用いるようにしたため、何らかの故障事象または故障前駆事象が生じた場合にも的確なリスクコストの評価を行い、適切な運転方法を選択することができる。

請求項 5 記載のプラント機器の運用支援装置は、前記故障モニタリング手段が、前記プラント機器の部材温度、変形・変位、振動、潤滑油温度、潤滑油成分変化、部分熱効率、プラント効率、作動流体リーク、運転音、アコースティックエミッション信号の全てまたは一部を検知し、故障事象または故障前駆事象が生起したか否かの情報を前記緊急停止判定手段および前記故障統計データベースに伝送するようにしたため、プラントの運転中の故障事象および故障前駆事象を的確に捉えて運転方法判定に情報を提供することができる。

請求項 6 記載のプラント機器の運用支援装置は、前記プラント機器の停止中に、機器部材の故障事象または故障前駆事象を点検する点検手段を備え、この点検手段によって検知された故障事象または故障前駆事象の生起情報を前記故障統計データベースに伝送し、不信頼度関数を事後確率に補正するとともに、前記運転方法判定手段において運転再開不可と判定された場合および条件付き運用可能判定が得られた場合は補修方法を選択し、補修を実施した場合の前記故障統計データベースの中における不信頼度を変更するとともに再度シミュレーションを行って、前記運転方法判定手段における判定を行うため、保守管理も含めた最適な運用方法をリスクコストの評価をベースに判定することができる。

請求項 7 記載のプラント機器の運用支援装置は、前記点検手段が、前記プラント機器のき裂、変形・変位、エロージョン、摩耗、酸化、腐食、破損の全てあるいは一部を CCD カメラ、超音波センサ、電気抵抗センサ、電磁気センサの全てあるいは一部を用いて計測または検出するため、機器の故障事象および故障前駆事象を確実に捉えてリスクコストの評価に反映し、的確な運用方法の判定に供す

ることができる。

請求項 8 記載のプラント機器の運用支援装置は、確率論的寿命評価手段が、前記プラント機器の運転履歴情報と運転要求入力情報とから、統計的材料データベースに予め記憶させた材料寿命特性とその確率分布とを用いて、クリープおよび疲労に対する寿命に確率を付して寿命評価結果を計算する確率論的寿命評価手段を備え、前記確率論的寿命評価手段により求められた寿命評価結果から不信頼度関数を計算し、この計算結果を前記故障統計データベースに格納し、前記イベントシミュレーション手段における計算に適用するため、故障事象に先行する劣化・損傷の段階から事象に関する不信頼度を予測してリスクコストの評価に適用することができる。

請求項 9 記載のプラント機器の運用支援装置は、前記プラント機器の停止中に、機器部材の材料劣化および材料損傷の値を計測する劣化・損傷計測手段をそなえ、前記劣化/計測手段により得られた劣化・損傷計測値から確率論的寿命評価手段での評価処理に必要な統計的材料データを決定するようにしたため、プラント機器の経年使用状態を反映した精度の良い余寿命評価と不信頼度関数の決定を行うことができる。

請求項 10 記載のプラント機器の運用支援装置は、前記劣化・損傷計測手段が、機器部材の軟化、脆化、クリープボイド、き裂、変形、ひずみを計測する硬さ計測手段、電磁気計測手段、サンプリング手段、レプリカ採取手段、電気抵抗計測手段の全てまたは一部を用いるため、プラント機器の経年使用状態を反映した精度の良い余寿命評価と不信頼度関数の決定を行うことができる。

請求項 11 記載のプラント機器の運用支援装置は、複数のプラントまたはユニットについて、前記運転要求入力手段と、前記運転モニタリング手段と、前記故障モニタリング手段とによる情報伝送と、前記運転方法指示手段の情報出力とを、ネットワークを用いて行うため、複数プラントに対してモニタリングしながらリスクコストの評価を行い、プラント群全体を最適な運用に供することができる。

## 図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の請求項 1 の構成を示すブロック線図。

図 2 は、本発明の第 1 の実施例における運転要求入力例を示す説明図。

図 3 は、本発明の第 1 の実施例における運転条件設定例を示す説明図。

図 4 は、本発明の第 1 の実施例における故障モニタリング手段の蒸気タービンへの適用例を示す説明図。

図 5 は、本発明の第 1 の実施例における運転履歴作成例を示す説明図。

図 6 は、本発明の第 1 の実施例における故障統計データベースの内容例を示す説明図。

図 7 は、本発明の第 1 の実施例におけるイベントシミュレーション例を示す説明図。

図 8 は、本発明の第 1 の実施例におけるリスクコストの計算例を示す説明図。

図 9 は、本発明の第 1 の実施例における運転方法判定例を示す説明図。

図 10 は、本発明の第 2 の実施例における構成を示すブロック線図。

図 11 は、本発明の第 2 の実施例における故障モニタリング手段を蒸気タービンに適用した例を示す説明図。

図 12 は、本発明の第 3 の実施例における構成を示すブロック線図。

図 13 は、本発明の第 3 の実施例における点検手段を蒸気タービンに適用した例を示す説明図。

図 14 は、本発明の第 3 の実施例における劣化・損傷計測手段を蒸気タービンに適用した例を示す説明図。

図 15 は、本発明の第 3 の実施例における運転方法判定例を示す説明図。

図 16 は、本発明の第 4 の実施例における構成を示すブロック線図。

図 17 は、本発明の第 4 の実施例における確率論的寿命評価例を示す説明図。

図 18 は、本発明の第 5 の実施例における構成を示すブロック線図。

図 19 は、本発明の第 6 の実施例における構成を示すブロック線図。

## 発明を実施するための最良の形態

## (第 1 の実施例)

図 1 は、本発明の第 1 実施例の構成を示している。この第 1 の実施例は、運転要求入力手段 1、運転条件設定手段 2、運転モニタリング手段 3、運転履歴作成手段 4、故障統計データベース 5、イベントシミュレーション手段 6、リスクコスト計算手段 7、運転方法判定手段 8 および運転方法指示手段 9 により構成されている。

この図 1 における運転要求入力手段 1 は、端末等の機器により、プラントの要求出力の達成時間と立上げ、停止スケジュールに関する情報を入力する要素である。

図 2 は、運転要求入力手段 1 により入力する内容をグラフで表したものである。この図 2 に示すリードタイム、立上り時間、要求出力運転時間、停止期間に関する情報を、運転要求入力手段 1 により入力する。

図 3 は、図 1 における運転条件設定手段 2 の機能を示したものである。この運転条件設定手段 2 は、入力された運転要求情報をプラント機器の運転パラメータに変換し定量化するものであり、図 3 に示すように、流体圧力、流体温度、回転部の回転数などの値における時間変化データとして、後続の処理手段に提供するものである。

図 4 は、図 1 における運転モニタリング手段 3 の機能を示したものである。この運転モニタリング手段 3 は、図 4 に蒸気タービンの例で示すように、温度計測手段、圧力計測手段、回転計測手段、流量計測手段および出力計測手段からの計測結果が与えられてプラント機器の運転監視を行う。

すなわち、これら各計測手段により計測された機器各部の流体圧力、流体温度、流量、回転数、出力などを検出してオンラインで処理する。これらの計測手段は、圧力計、熱電対、流量計など既に一般に適用されているセンサ類を適用することで達成される。

図 5 は、図 1 における運転履歴作成手段 4 の機能を示すものである。この運転履歴作成手段 4 は、時々刻々の運転モニタリング情報を受けて、起動～停止にかけての 1 回分の運転について、起動停止パターンの分類（冷起動、暖起動、熱起



動、超急速起動など)に分別し、定常運転時には定格負荷、過負荷、部分負荷などのパターンに分別し、それぞれの運転時間と対応付ける。以上の情報は、時系列的に整理され運転履歴データとして記憶されて、後続の処理に利用される。

図6は、図1における故障統計データベース5の内容を示したものである。この故障統計データベース5は、図6に蒸気タービンケーシングの一例を示すように、故障事象を生起順序および因果関係により並べた事象の木すなわちイベントツリーと各事象に割り当てられた不信頼度関数とから構成されている。

すなわち、内部ケーシングコーナ一部熱疲労き裂、クリープ・疲労き裂進展、蒸気リークによる侵食、ケーシング破壊、ケーシング水平継手面のクリープ変形、めねじ部の損傷、蒸気リークによる侵食、ケーシング破壊についての回数または時間に対する不信頼度のデータが格納されている。

この不信頼度関数は、起動回数 $n$ に対して対象部分の低サイクル疲労寿命 $N_f$ を分母とした規格化起動回数 $n/N_f$ 、あるいは運転時間 $t$ に対して対象部分のクリープ寿命 $t_r$ を分母とした規格化運転時間 $t/t_r$ の2つの数値の場合、これらの数値に対する不信頼度 $F$ (すなわちその時点まで正常に作動していた機器に故障が起きる確率)を過去のプラント機器における故障データの統計解析に基づき整理したものである。そして、 $N_f$ または $t_r$ が温度、応力、ひずみなどの運転状態に関するパラメータであることから、運転状態の異なる場合にも適用できるように構成されている。

図7は、図1におけるイベントシミュレーション手段6の機能を示したものである。このイベントシミュレーション手段6は、運転条件設定手段2による要求運転パラメータ、運転履歴作成手段4による運転履歴および故障統計データベース5によるイベントツリーと不信頼度関数とを用い、図7に示すように熱疲労などの起動回数依存現象およびクリープなどの時間依存現象のそれぞれについて、規格化起動回数または規格化運転時間を用いて不信頼度を読み取り、不信頼度と起動回数または運転時間との関係を求める。

図8は、図1におけるリスクコスト計算手段7の機能を示したものである。このリスクコスト計算手段7では、図8に示すように、イベントシミュレーション手段6によるシミュレーション結果を用いて、個別事象ごとの不信頼度関数に復

旧コストを掛けた個別事象のリスクコストをイベントツリーの全項目について足し合わせ、運転時間または起動回数に対する総リスクコスト関数を求める。

図 9 は、図 1 の運転方法判定手段 8 の機能を示したものである。この運転方法判定手段 8 は、図 9 に示すように、総リスクコスト関数と要求された運転によって得られる利得とを比較して、リスクコストを越えない範囲で利得を最大とするまで運転可能と判定する。

要求された運転条件で運転ができないと判定された場合には、運転条件を緩和して修正し、イベントシミュレーション手段 6 へフィードバックをかける。この繰返し計算により、運転要求にできるだけ近い条件での運転方法を選択する。運転方法指示手段 9 では、運転要求に対して可能な最も近い運転方法を指示し出力する。

以上のように、第 1 の実施例においては、プラント機器の運転要求に対して、リアルタイムにリスクコストを計算し、このリスクコストと運転により得られる利得との比較によって可能な運転方法を選択し指示するようにしたので、安全を確保しかつ最大の利得が得られるようなプラントの運転が可能となる。

#### (第 2 の実施例)

図 10 は、本発明の第 2 実施例の構成を示している。この第 2 の実施例は、第 1 実施例に加えて故障モニタリング手段 10 を付加した点に特徴がある。

図 11 は、この故障モニタリング手段 10 の機能を示したものである。故障モニタリング手段 10 は、図 11 に蒸気タービンの例で示すように、ケーシング変形計測手段、段落熱効率計測手段、メタル温度計測手段、振動計測手段、AE 計測手段、潤滑油温度計測手段、潤滑油成分計測手段、蒸気リーク計測手段および運転音計測手段などを有する。

これら計測手段として、プラント機器の部材温度、変形・変位、振動、潤滑油温度、潤滑油成分変化、部分熱効率、プラント効率、作動流体リーク、運転音変化などを検知する熱電対、ギャップセンサー、変位計、加速度計、温度計、分析装置、集音装置、アコースティックエミッション装置などのセンサを必要に応じて取り付け、オンラインで信号を監視して、故障事象または故障前駆事象が生じたか否かの信号をモニタリングする。

故障事象が生じた場合は、図 10 に示した緊急停止判定手段 11 において緊急停止が必要か否かを予め設定しておいた限界値との比較により判定し、緊急停止が必要ならば運転方法判定手段 8 に情報を伝達して、運転方法指示手段 9 から停止信号を出力する。

緊急停止が不要である場合は、故障事象または故障前駆事象の生起情報を故障統計データベース 5 に伝送し、該当事象の後続事象に対して事前確率を事後確率に置き換える操作を行う。この事後不信頼度関数を用いて、イベントシミュレーション手段 6 以降の処理を第 1 実施例の場合と同様に実施する。

以上のように、第 2 の実施例においては、プラント機器の運転要求に対して、リアルタイムにリスクを計算し、利得との比較によって可能な運転方法を選択し指示するとともに、故障事象および故障前駆事象の生起をモニタリングできるようにしたので、事象が生起した場合でも安全を確保しかつ最大の利得が得られるようなプラントの運転が可能となる。

### (第 3 の実施例)

図 12 は、本発明の第 3 実施例の構成を示すものである。この第 3 の実施例は、第 1 実施例に加えて点検手段 12 を付加した点に特徴がある。

図 13 は、この点検手段 12 の構成を示したものである。点検手段 12 は、プラント構成機器のき裂、変形・変位、エロージョン、摩耗、酸化、腐食、破損の劣化・損傷の全てあるいは一部を、図 13 の蒸気タービンの例で示すように、CCD カメラを備えた画像計測手段により計測し、またき裂計測および酸化皮膜の厚さ、剥離の計測を超音波センサを備えた UT 計測手段などの方法を用いて、機器を分解せずにリモートアクセスにより、あるいは機器を分解して行う。

点検結果によって事象が生起していることが判明した場合は、故障統計データベース 5 に記憶されている該当事象の後続事象における不信頼度を事後値に置き換え、イベントシミュレーション手段 6 以降の処理を行う。

運転方法判定手段 8 において、生起した事象あるいは後続事象の生起によって運転継続が不可能となるとときには、補修が必要と判定し補修対策設定手段 8 において、き裂のはつり、溶接、熱処理、コーティング、部品交換などの必要な補修方法を選択し提示する。

この補修により、故障統計データベース 5 中の回復した事象とその後続事象を事前確率にリセットし、再度イベントシミュレーション手段 6 以降の処理を行うことによって、補修を組み込んだ運転方法を指示する。

図 1 4 は、本発明の第 3 の実施例における点検手段としての劣化・損傷計測手段を蒸気タービンに適用した例を示す説明図である。

この実施例では、劣化・損傷計測手段として、機器部材の軟化、脆化、クリープボイド、き裂、変形、ひずみを計測する硬さ計測手段、電磁気計測手段、サンプリング手段、レプリカ採取手段、電気抵抗計測手段の全てまたは一部を用いて計測を行う。

図 1 5 は、運転方法判定手段 8 の機能を示したものである。この運転方法判定手段 8 は、捕集を行う場合、コストとしては、図 1 5 に示すように、リスクコストおよび補修コスト（時間を補修間隔と読み替え、時間の漸減関数とする）の和に対して運転継続による利得を比較する。

以上のように、第 3 の実施例においては、プラント機器の運転要求に対して、点検結果を基に補正したリスクコストの計算を行うとともに、補修を考慮した評価を組み込んだことから、点検・補修による保守管理を組み込んだ形での最も利得が得られる運転前提とした場合の事象が生起した場合でも、安全を確保しかつ最大の利得が得られるようなプラントの運転を行うことが可能となる。

#### （第 4 の実施例）

図 1 6 は、本発明の第 4 実施例の構成を示すものである。この第 4 の実施例は、第 1 実施例に確率論的寿命評価手段 1 4 を付加した点に特徴がある。そして、運転履歴作成手段 4 による運転履歴と運転条件設定手段 2 による運転要求情報と、統計的材料データベース 1 5 に予め記憶されたクリープや疲労などの材料寿命特性とその確率分布を基に、寿命となる運転時間または起動回数と不信頼度との関係を運転条件である温度、応力、ひずみに応じて計算する。

図 1 7 は、クリープおよび疲労について材料寿命の統計的分布を不信頼度関数に変換した例を示す。このようにして計算された不信頼度関数を故障統計データベース 5 に付加し、イベントシミュレーション手段 6 以降の処理を行う。

以上のように、第 4 の実施例においては、プラント機器の運転要求に対して、

寿命評価を基に補正したリスクコストの計算を行うようにしたので、クリープや疲労の損傷蓄積による故障も加味することにより、安全で最大の利得が得られるようなプラントの運転が可能となる。

#### (第5の実施例)

図18は、本発明の第5実施例の構成を示すものである。この第5の実施例は、第4実施例に劣化損傷計測手段16を付加した点に特徴がある。劣化損傷計測手段16は、経年的な部材の軟化、脆化、クリープボイド、き裂、変形、ひずみを硬さ計測手段、電磁気計測手段（渦電流装置）、サンプリング手段、レプリカ採取手段、電気抵抗計測手段などを用いて計測し、材料の経年劣化度および損傷度を把握してクリープや疲労によるき裂発生・進展寿命を評価するものであり、第4の実施例で示したように確率論的な寿命評価を行って不信頼度関数を求めるものである。

以上のように、第5の実施例においては、プラント機器の運転要求に対して、劣化・損傷計測に基づいて機器部材の状態を把握した上で、寿命評価を基に補正したリスクコストの計算を行うようにしたので、経年使用されたプラントについてクリープや疲労の損傷蓄積による故障も加味して、安全で最大の利得が得られるようなプラントの運転が可能となる。

#### (第6の実施例)

図19は、本発明の第6実施例の構成を示すものである。この第6の実施例では、複数のプラントに取り付けられた運転モニタリング手段3および故障モニタリング手段10からの情報をネットワーク経由で受信するとともに、運転要求入力手段1もネットワークに結合され、必要な要求入力をプラント情報を参照しつつ実施するように構成されている。

これらの複数プラントについてリスクコストの計算を行い、総コストに基づいて運転方法の判定を行う。イベントシミュレーション手段6において、各プラントのそれぞれの運転パターンを変更して組合せ、コスト最小化あるいは利得最大化の目的に応じて最適な組合せを選定する。

以上のように、第6の実施例においては、複数のプラント・ユニットからの情報を一括して処理するため、各プラントの運用を最適に組合せて最小のコストあ

るいは最大の利得が得られるような運転方法を提供することができる。

#### 産業上の利用可能性

本発明においては、プラントの運用をモニタリングしながらリスクコストの評価をベースにした運転方法の判定を行うようにしたため、保守管理コストを最小に、運転による利得を最大にするようなプラントに最適な運転方法をリアルタイムに提供し、エネルギーの有効活用に資することができる。

## 請 求 の 範 囲

1. プラント機器の運転要求項目の情報を入力する運転要求入力手段と、  
前記運転要求入力手段により入力された運転要求入力情報をプラント機器の運転パラメータに変換する運転条件設定手段と、  
前記プラント機器の運転状態を監視する運転モニタリング手段からの入力に基づき、前記運転条件設定手段により変換された前記運転パラメータの時系列処理を行って運転履歴を作成する運転履歴作成手段と、  
前記プラント機器のイベントツリーと故障事象に対する不信頼度とを関連付けて記憶した故障統計データベースと、  
前記故障統計データベースの情報、運転要求情報および運転履歴情報を基に前記プラント機器のイベントツリーにしたがって前記運転パラメータに対応した不信頼度を計算するイベントシミュレーション手段と、  
前記イベントツリーにしたがって前記不信頼度と前記復旧コストとの積を累計してリスクコストを計算するリスクコスト計算手段と、  
前記リスクコストと運転継続により予定される利得との比較から運転条件の適否を判定する運転方法判定手段と、  
前記運転方法は定手段により判定された運転方法に応じて前記プラント機器に指定運転条件を指示する運転方法指示手段と  
をそなえたことを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。  
2. 請求項1記載のプラント機器の運用支援装置において、  
前記運転モニタリング手段は、プラント機器の作動流体の温度、圧力、回転部の回転数、出力負荷の全てまたは一部を検知する検知手段を備え、検知された信号を時系列処理して定常および非定常運転を予め設定した分類に整理し、起動回数および運転時間のデータを蓄積して記憶するようにしたことを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。  
3. 請求項1記載のプラント機器の運用支援装置において、  
前記故障統計データベースは、対象とするプラントまたは同型の他のプラントにおける過去の故障事象から、き裂、変形、エロージョン、摩耗、酸化、腐食、

材料劣化、破損、性能低下、機能低下に関するイベントツリーと、事象毎の不信頼度関数とが運転条件に対応した材料寿命パラメータの関数あるいは運転条件を表す温度、応力、ひずみ、環境因子のパラメータの関数として表されたものを用いることを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

4. 請求項1記載のプラント機器の運用支援装置において、

前記プラント機器の運転中の故障事象または故障前駆事象を検知する故障モニタリング手段と、

前記故障モニタリング手段により検知された検知信号によって直ちに運転を停止すべきか否かを判定する緊急停止判定手段とを備え、

直ちに運転を停止しない場合に前記故障統計データベースに記憶させたイベントツリー中の生起済み事象の確率を事前確率から事後確率に補正し、かつその後続する事象も生起済み事象の事後確率を用いて補正し、前記イベントシミュレーション手段に用いる不信頼度を補正して用いるようにしたことを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

5. 請求項4記載のプラント機器の運用支援装置において、

前記故障モニタリング手段は、前記プラント機器の部材温度、変形・変位、振動、潤滑油温度、潤滑油成分変化、部分熱効率、プラント効率、作動流体リーク、運転音、アコースティックエミッション信号の全てまたは一部を検知し、故障事象または故障前駆事象が生起したか否かの情報を前記緊急停止判定手段および前記故障統計データベースに伝送するようにしたことを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

6. 請求項1記載のプラント機器の運用支援装置において、

前記プラント機器の停止中に、機器部材の故障事象または故障前駆事象を点検する点検手段を備え、

前記点検手段によって検知された故障事象または故障前駆事象の生起情報を前記故障統計データベースに伝送し、不信頼度関数を事後確率に補正するとともに、前記運転方法判定手段において運転再開不可と判定された場合および条件付き運用可能判定が得られた場合は補修方法を選択し、補修を実施した場合の前記故障統計データベースの中における不信頼度を変更するとともに再度シミュレーション



ンを行って、前記運転方法判定手段における判定を行うことを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

7. 請求項6記載のプラント機器の運用支援装置において、

前記点検手段は、前記プラント機器のき裂、変形・変位、エロージョン、摩耗、酸化、腐食、破損の全てあるいは一部をCCDカメラ、超音波センサ、電気抵抗センサ、電磁気センサの全てあるいは一部を用いて計測または検出することを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

8. 請求項1記載のプラント機器の運用支援装置において、

前記プラント機器の運転履歴情報と運転要求入力情報とから、統計的材料データベースに予め記憶させた材料寿命特性とその確率分布とを用いて、クリープおよび疲労に対する寿命に確率を付して寿命評価結果を計算する確率論的寿命評価手段を備え、

前記確率論的寿命評価手段により求められた寿命評価結果から信頼度関数を計算し、この計算結果を前記故障統計データベースに格納し、前記イベントシミュレーション手段における計算に適用することを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

9. 請求項8記載のプラント機器の運用支援装置において、

前記プラント機器の停止中に、機器部材の材料劣化および材料損傷の値を計測する劣化・損傷計測手段をそなえ、

前記劣化/計測手段により得られた劣化・損傷計測値から確率論的寿命評価手段での評価処理に必要な統計的材料データを決定するようにしたことを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

10. 請求項9記載のプラント機器の運用支援装置において、

前記劣化・損傷計測手段は、機器部材の軟化、脆化、クリープボイド、き裂、変形、ひずみを計測する硬さ計測手段、電磁気計測手段、サンプリング手段、レプリカ採取手段、電気抵抗計測手段の全てまたは一部を用いることを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

11. 請求項1記載のプラント機器の運用支援装置において、

複数のプラントまたはユニットについて、前記運転要求入力手段と、前記運転

モニタリング手段と、前記故障モニタリング手段とによる情報伝送と、前記運転方法指示手段の情報出力とを、ネットワークを用いて行うことを特徴とする、プラント機器の運用支援装置。

1/14

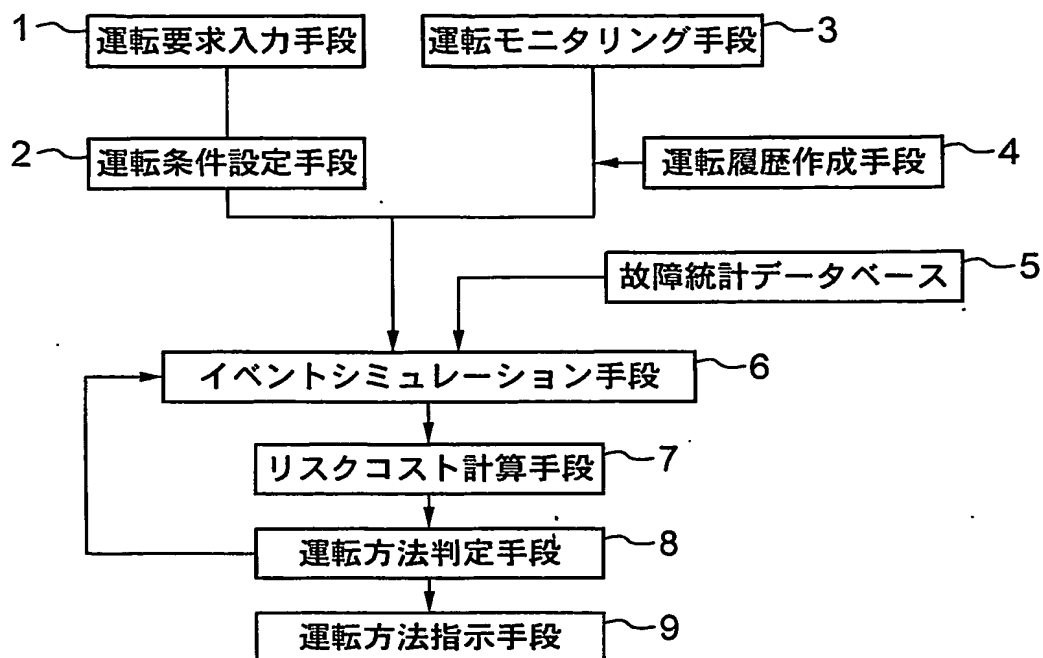


FIG. 1

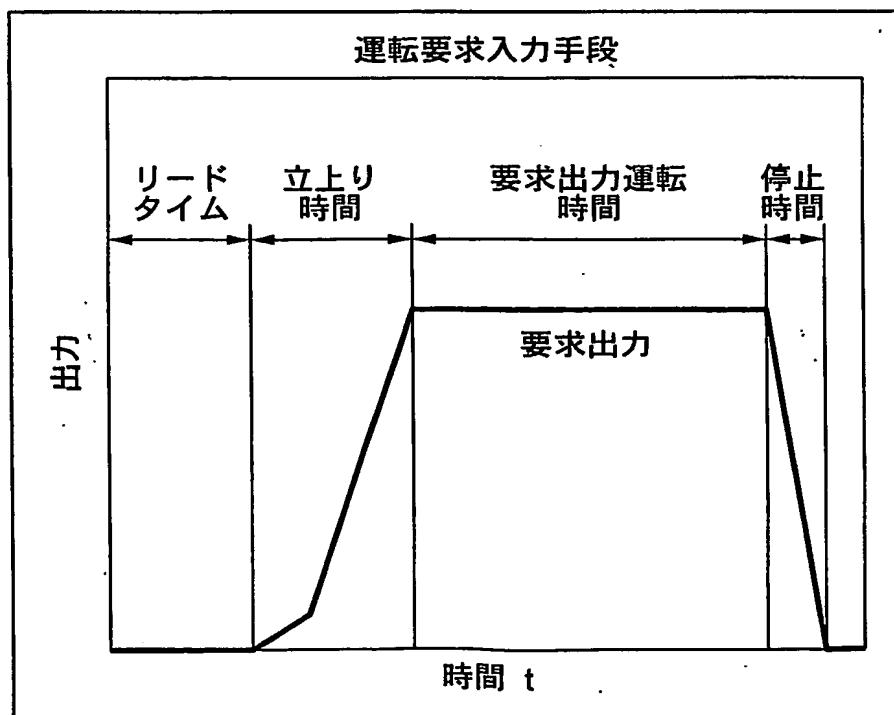


FIG. 2

2/14

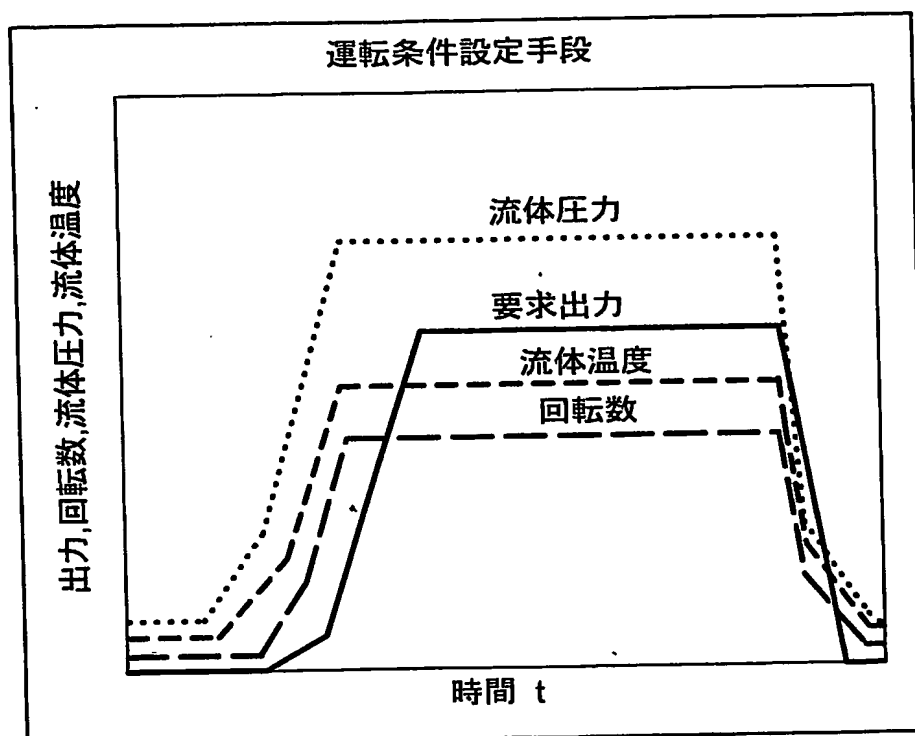


FIG. 3

3/14

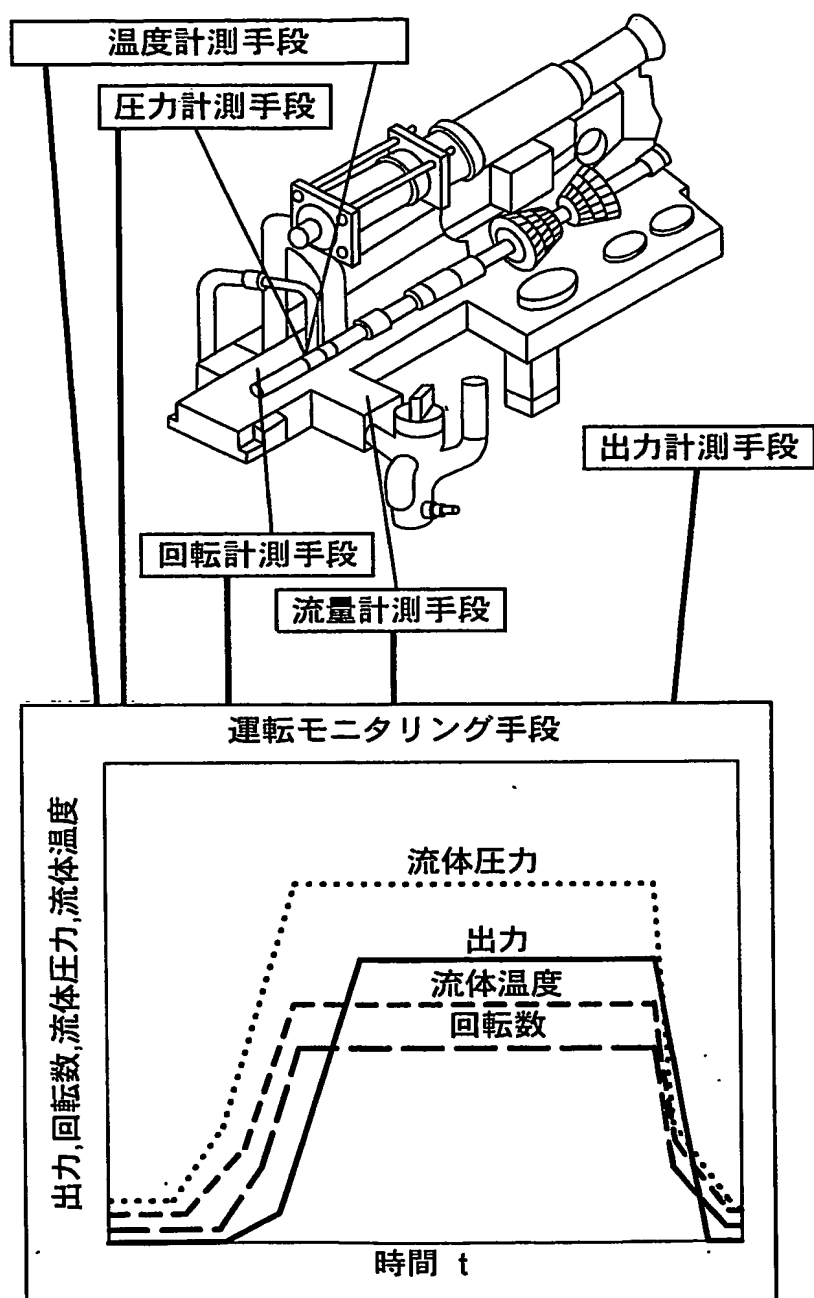


FIG. 4

4/14

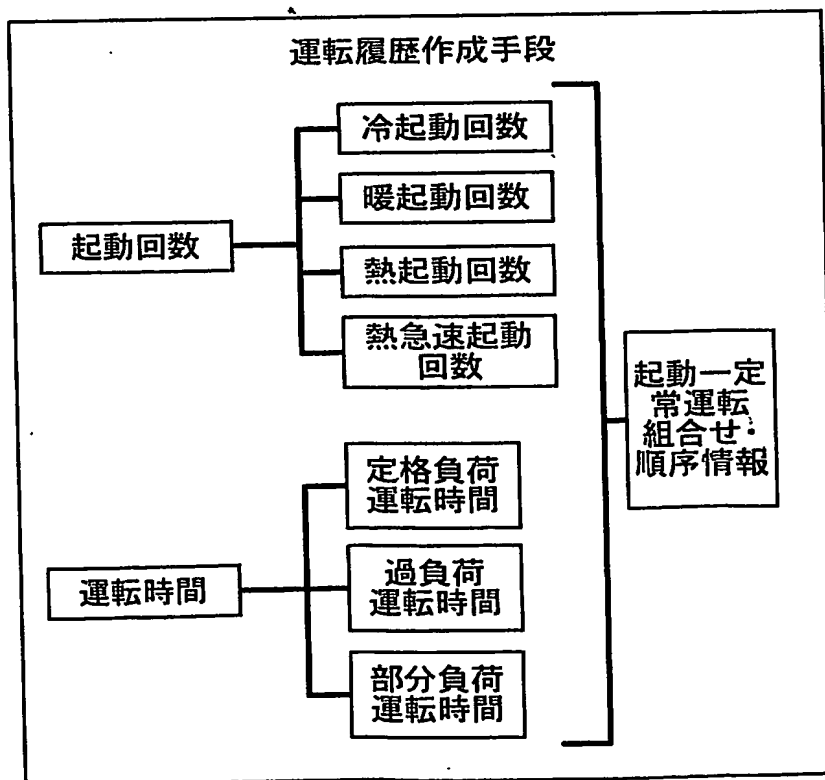
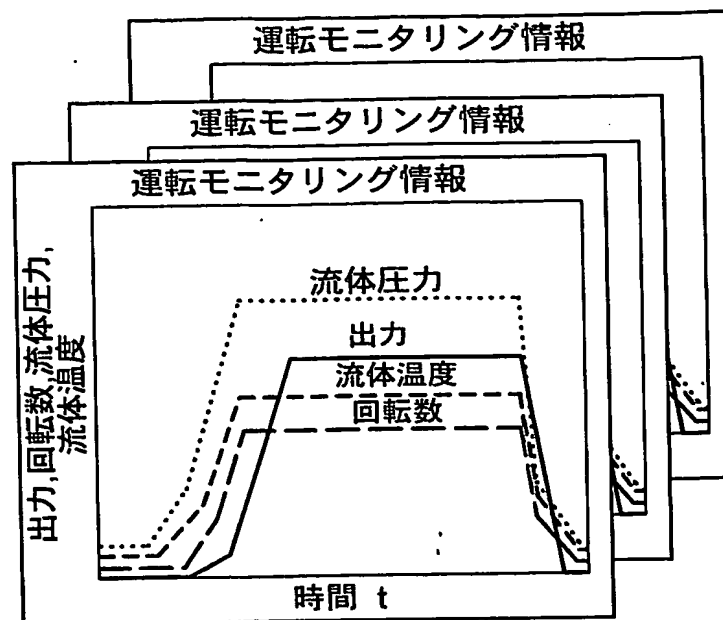


FIG. 5

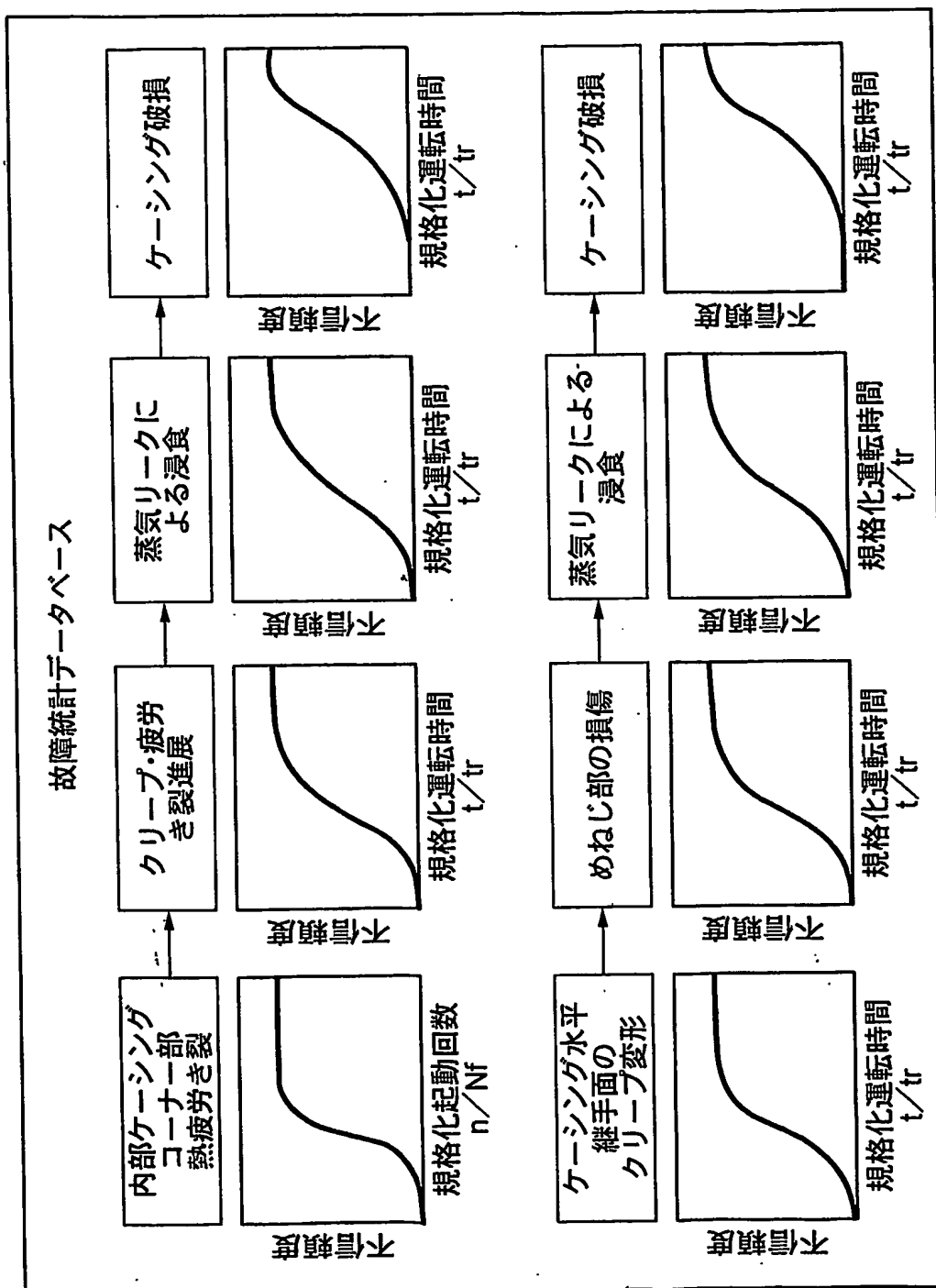


FIG. 6

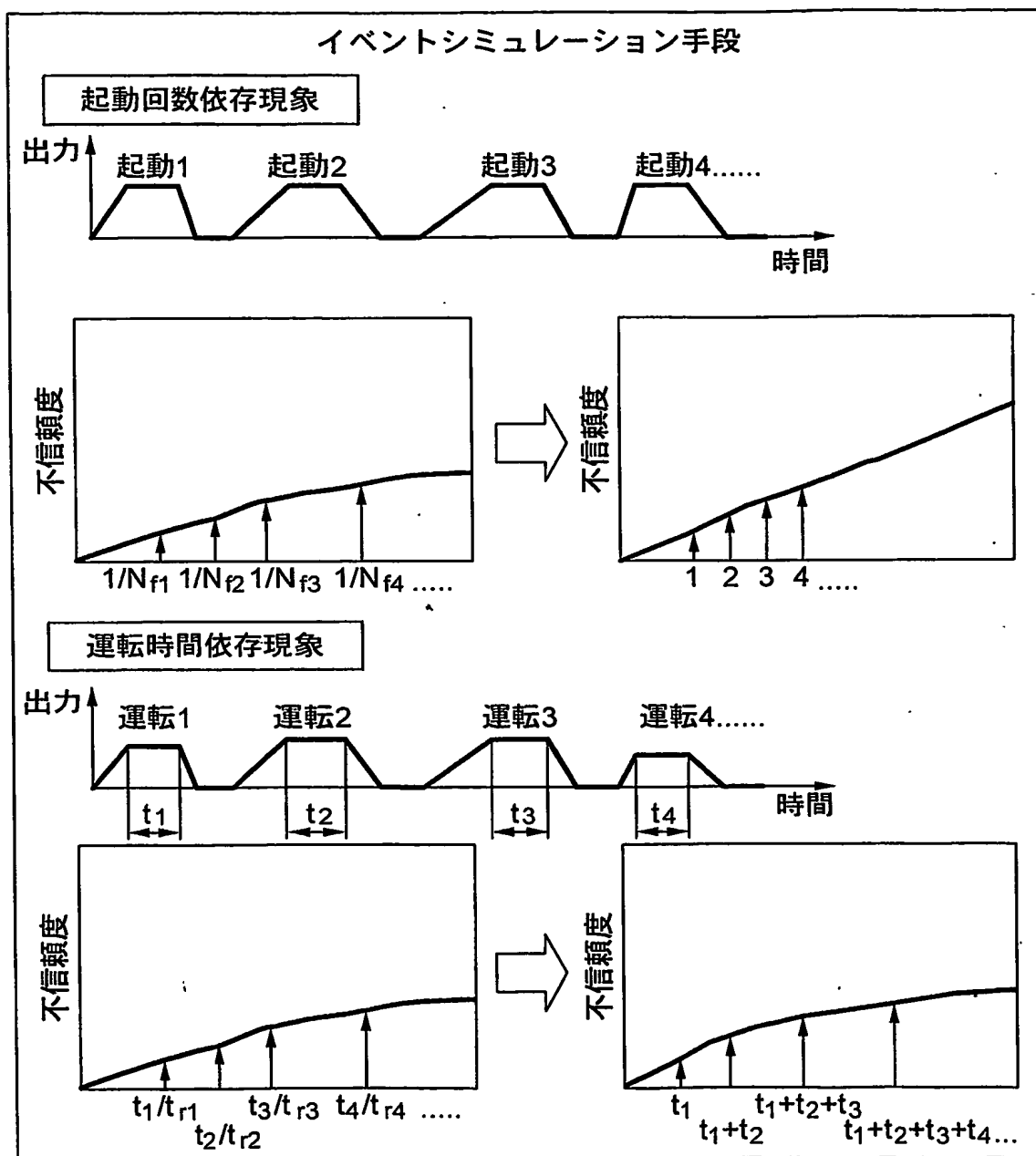


FIG. 7



7/14

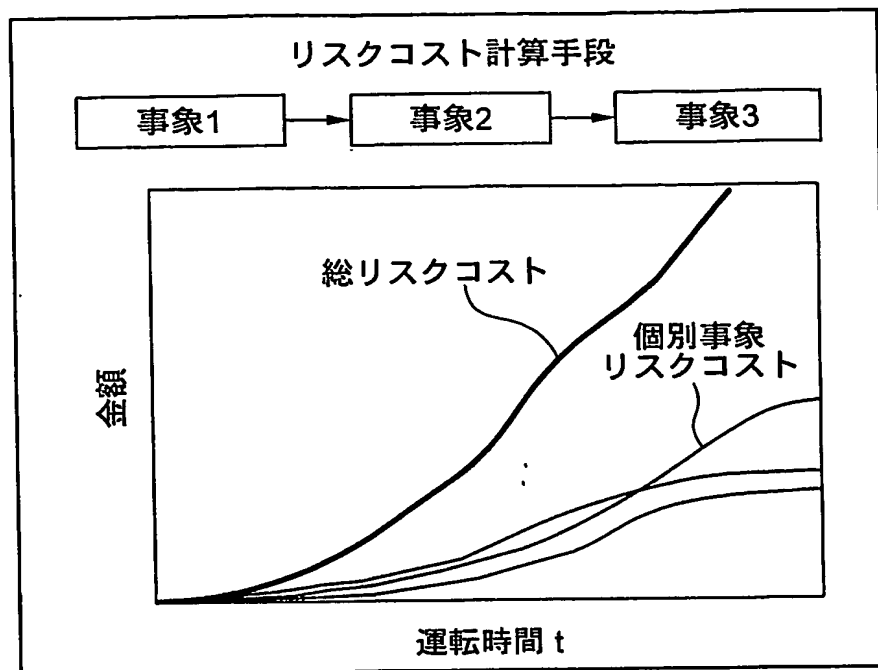


FIG. 8

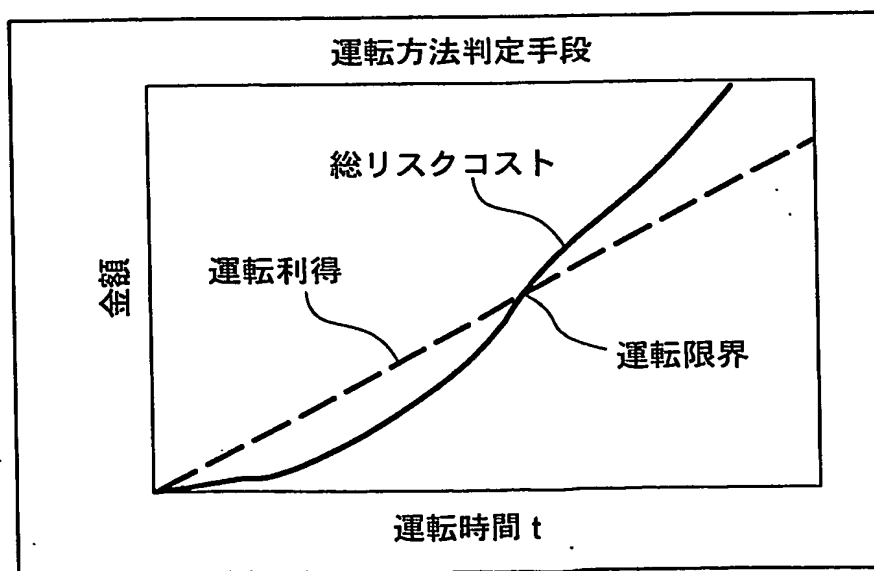


FIG. 9

8/14

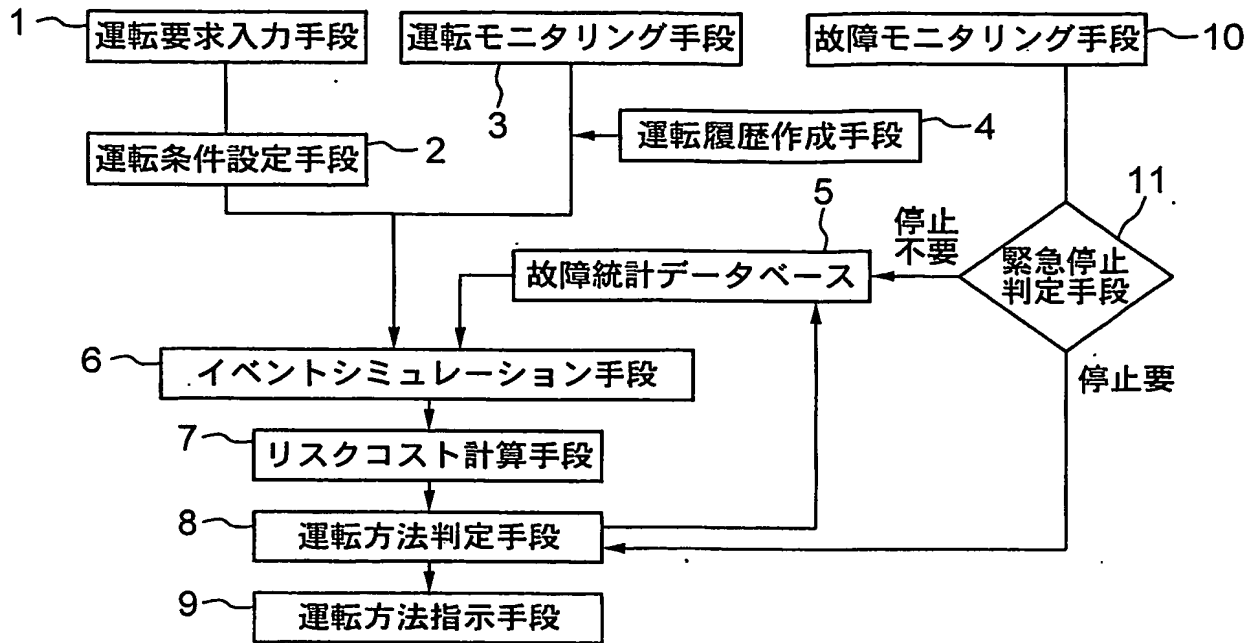


FIG. 10

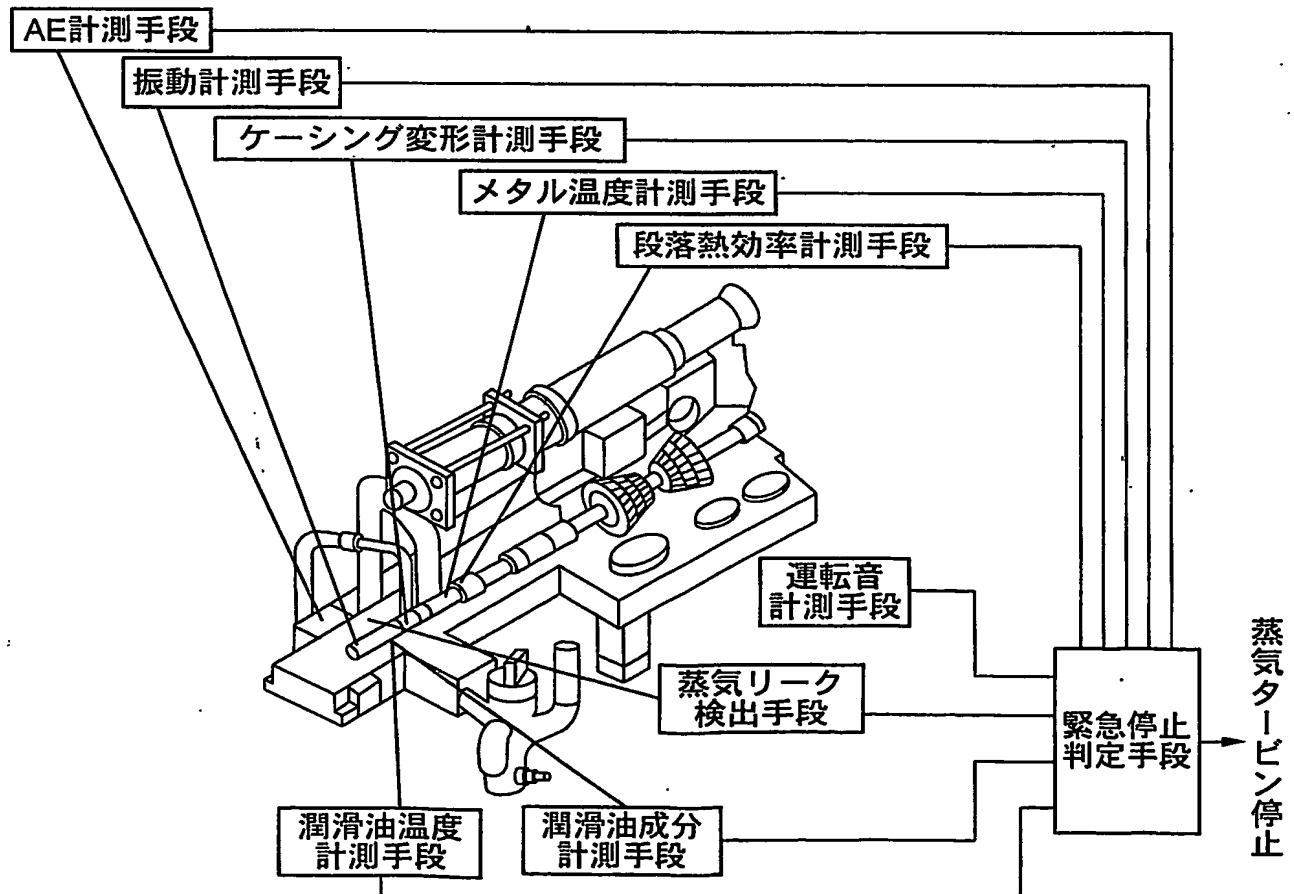


FIG. 11

9/14

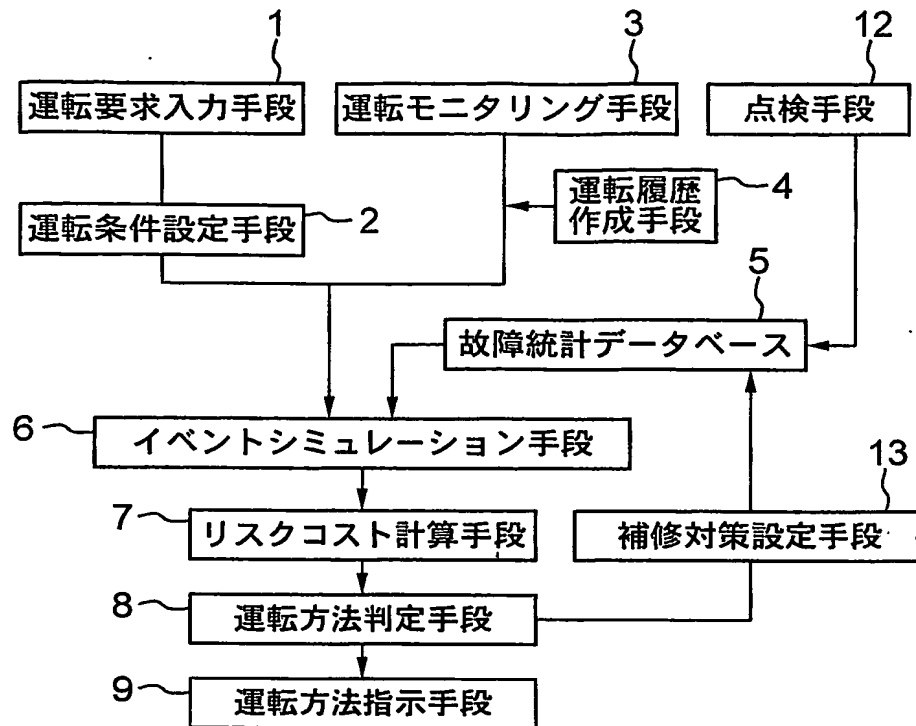


FIG. 12

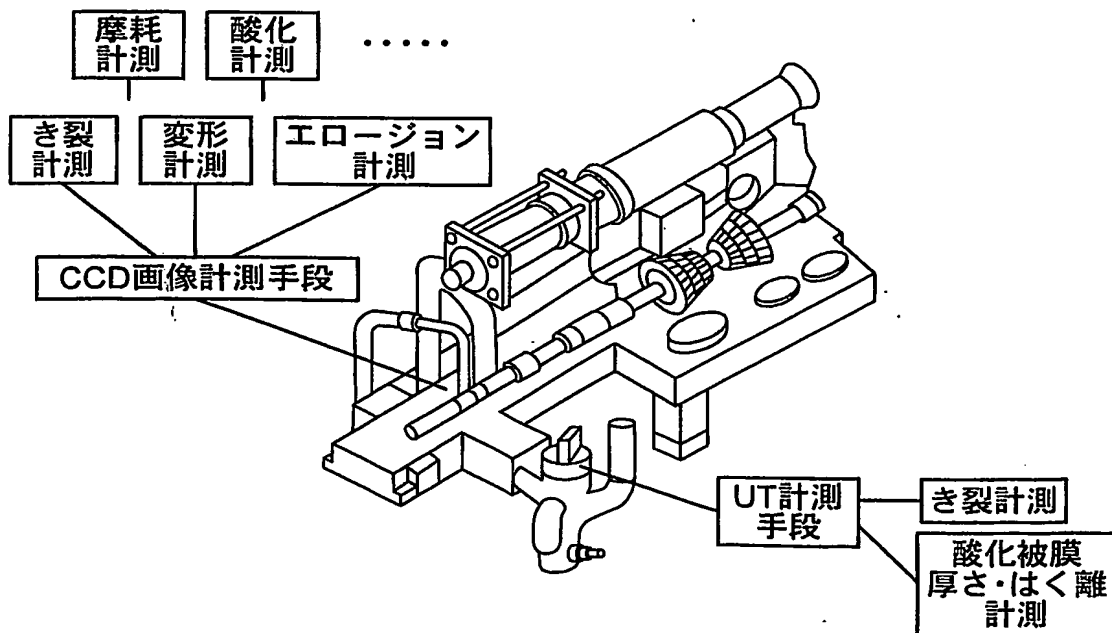


FIG. 13

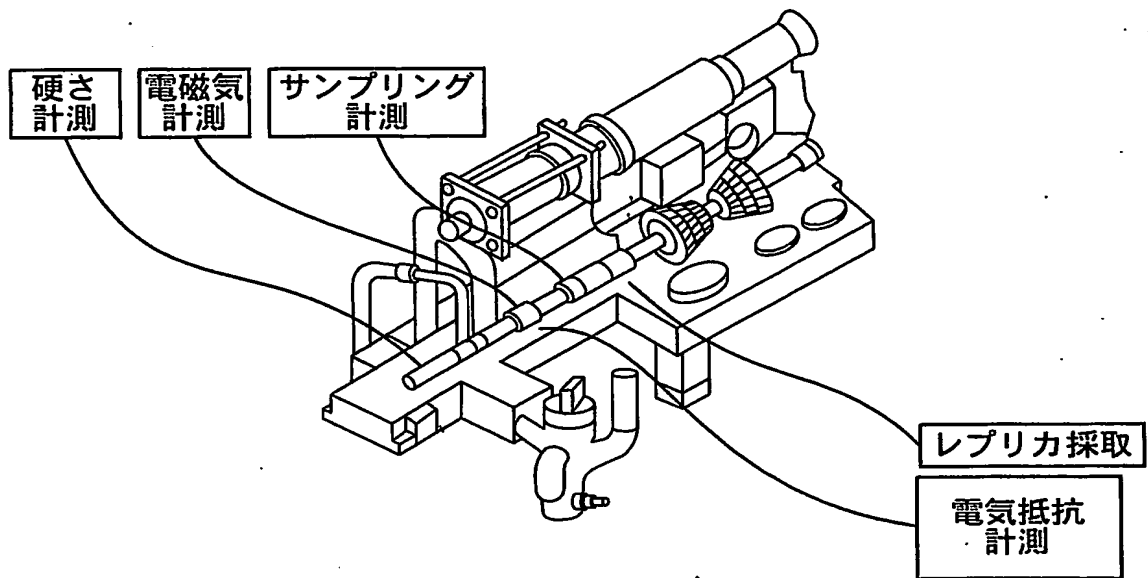


FIG. 14

11/14

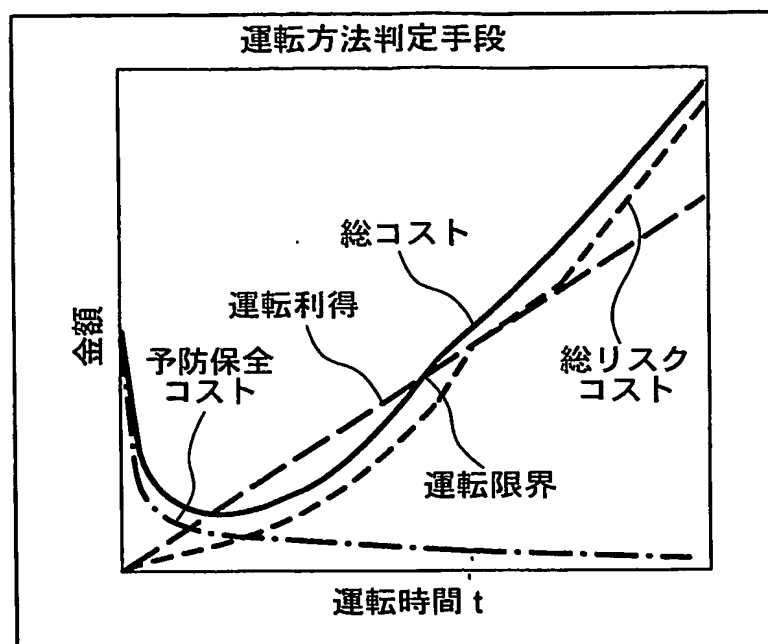


FIG. 15

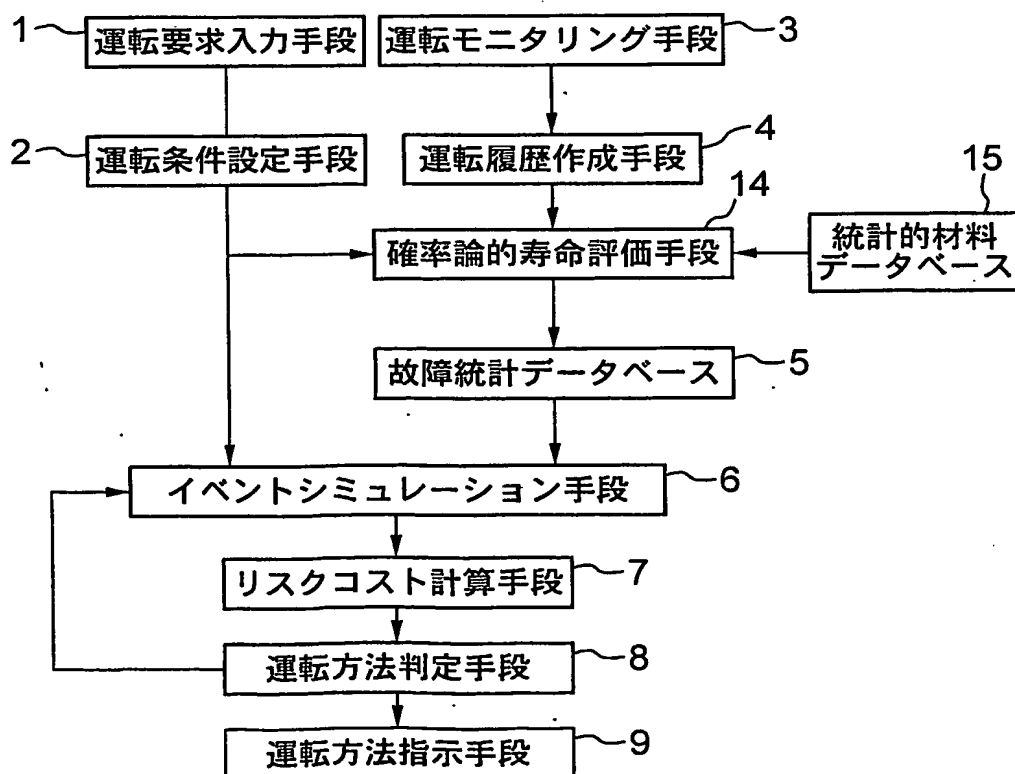


FIG. 16

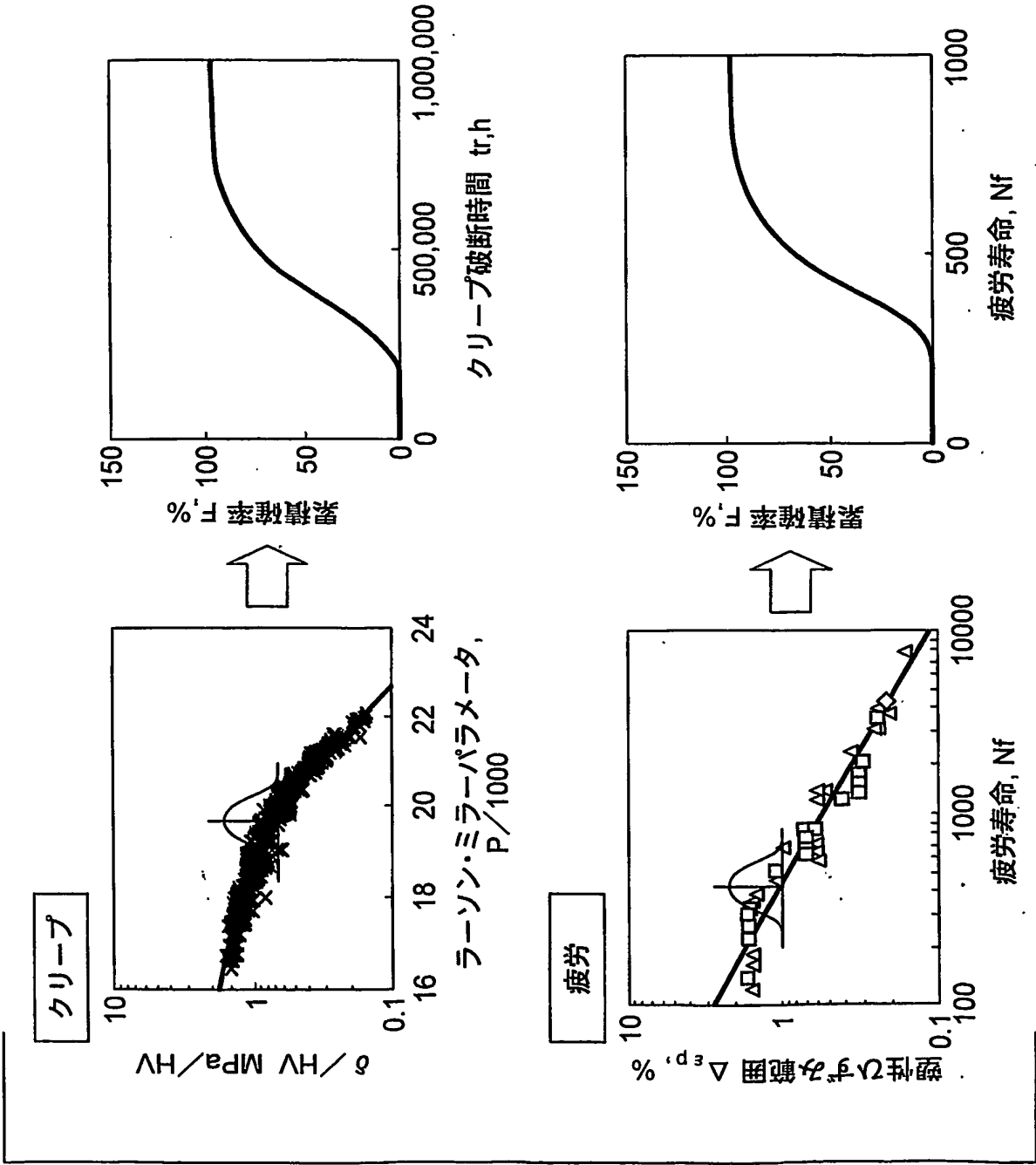


FIG. 17

13/14

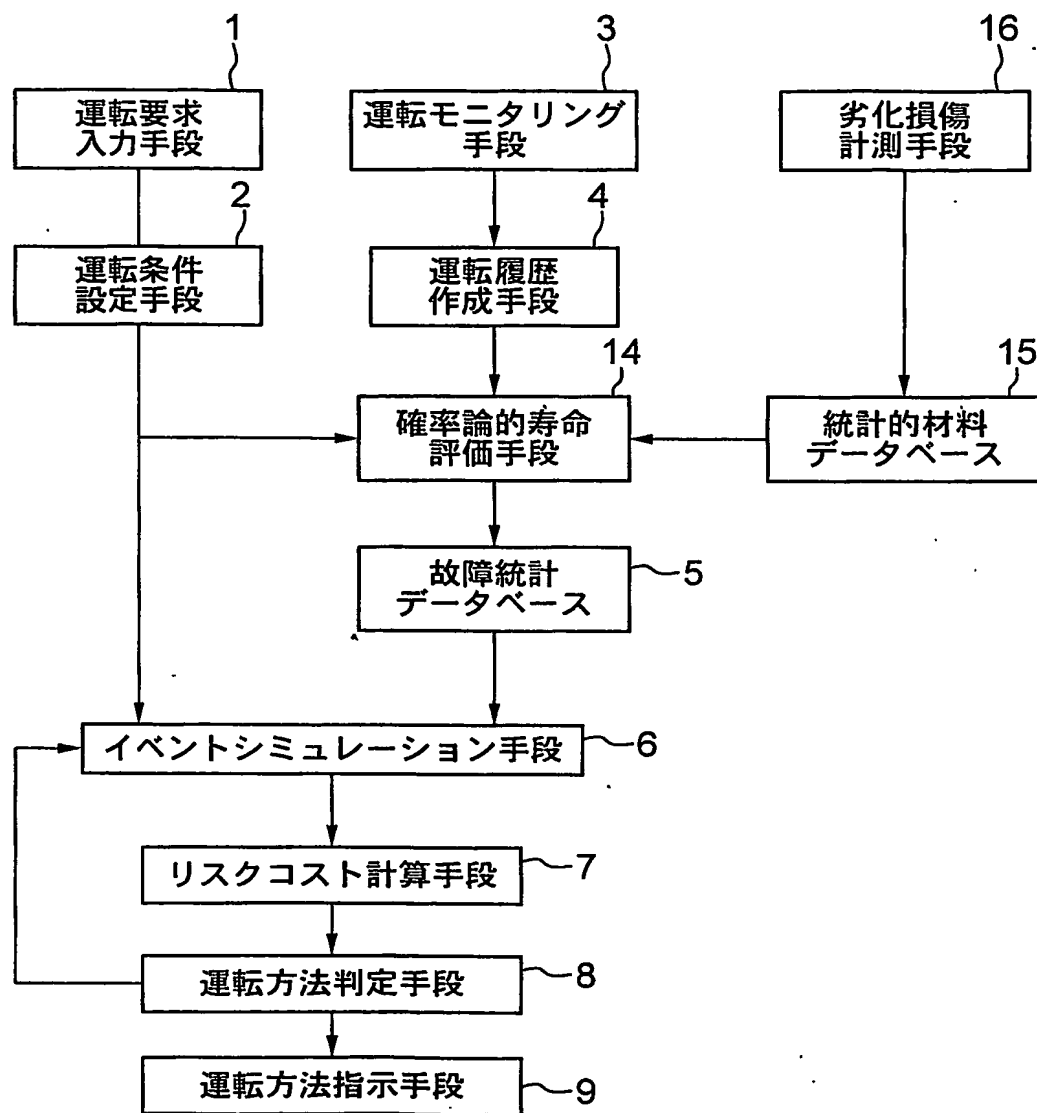


FIG. 18

14/14

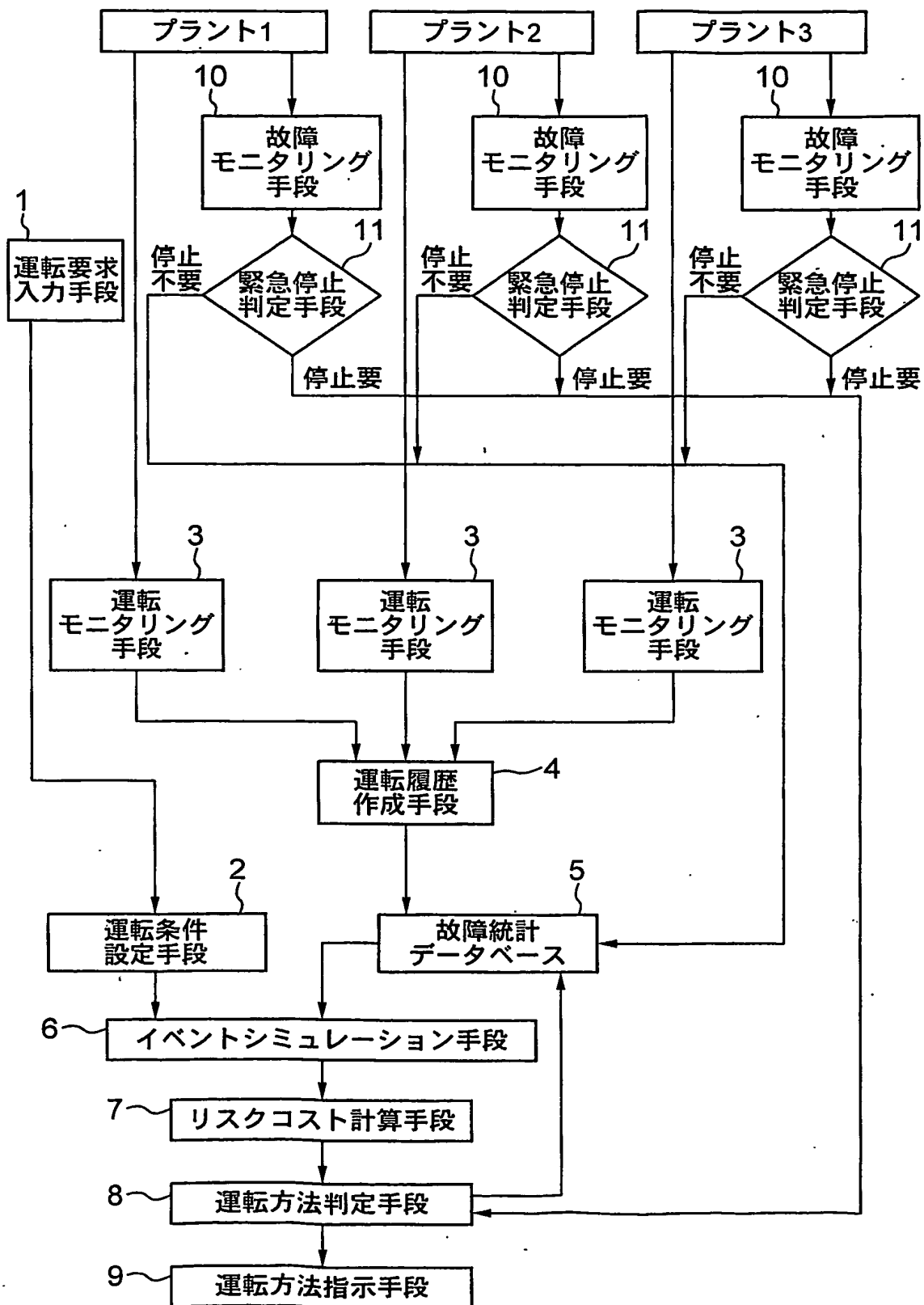


FIG. 19



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/JP03/11102

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
Int.Cl<sup>7</sup> G05B23/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
Int.Cl<sup>7</sup> G05B23/00-23/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003  
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-259222 A (Hitachi, Ltd), 22 September, 2000 (22.09.00), (Family: none)	1-11
A	JP 9-160635 A (Mitsubishi Chemical Corp.), 20 June, 1997 (20.06.97), (Family: none)	1-11
A	JP 8-234832 A (Toshiba Corp.), 13 September, 1996 (13.09.96), (Family: none)	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:  
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  
"E" earlier document but published on or after the international filing date  
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)  
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone  
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art  
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
05 November, 2003 (05.11.03)

Date of mailing of the international search report  
18 November, 2003 (18.11.03)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G05B23/02

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G05B23/00-23/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-259222 A (株式会社日立製作所) 2000.09.22 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 9-160635 A (三菱化学株式会社) 1997.06.20 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 8-234832 A (株式会社東芝) 1996.09.13 (ファミリーなし)	1-11

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に関する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

05.11.03

国際調査報告の発送日

18.11.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
森林 克郎



3H

8613

電話番号 03-3581-1101 内線 3314